

# Fabrication of Custom IC for Implantable Biotelemetry System(体内埋込み形バイオテレメ トリシステム用カスタムICの試作に関する研究)

著者	徐 熙 敦
号	1071
発行年	1986
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/9807">http://hdl.handle.net/10097/9807</a>

氏 名	Seo 徐	Hee 熙	Don 敦
授 与 学 位	工 学 博 士		
学位授与年月日	昭和 62 年 3 月 25 日		
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 1 項		
研究科，専攻の名称	東北大学大学院工学研究科 (博士課程) 電子工学専攻		
学 位 論 文 題 目	Fabrication of Custom IC for Implantable Biotelemetry System (体内埋込み形バイオテレメトリシステム用カスタム ICの試作に関する研究)		
指 導 教 官	東北大学教授 松尾 正之		
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 松尾 正之	東北大学教授 西澤 潤一	
	東北大学教授 高木 相	東北大学助教授 江刺 正喜	

## 論 文 内 容 要 旨

体内埋込み用バイオテレメトリシステムは他の方法では得にくい貴重な生理学的データを得られる。すなわち，動物実験において全く無拘束な状態で自然な生体情報を測定するためだけでなく，将来人工臓器などが実用化された時にその制御に必要となるものである。

このバイオテレメトリシステムはきわめて厳しい条件のもとで設計される。その主なものは，1) 信頼性が高いこと，2) 生体への負担をできる限り減小させるため可及的に小形であること，3) 生体内部で長期間にわたって正常に動作させるため，できるだけ低消費電力であること，4) できるだけ多くの機能を持つことである。

このような条件を満たすテレメトリシステムを市販の標準 IC によって実現することは難しい。そのために本研究では CMOS カスタム LSI を試作して目的である小形，低消費電力，高信頼性で，多機能な体内埋込みバイオテレメトリシステムを実現した。

以下に本論文の概要を各章ごとにまとめる。

### 第 1 章 総 論

本章では，本研究の背景と目的，および本研究の概要について説明した。

## 第2章 バイオテレメトリシステムの諸技術

本章では体内埋込みバイオテレメトリシステムを開発するために必要と思われる諸技術，すなわち，1) 回路技術，2) 変調技術，3) 電力供給方式，4) 高信頼化のための実装技術と5) 多機能化について今まで報告された内容を中心に検討し，これをもとに試作した体内埋込みバイオテレメトリシステムの設計方針を決めたことについて述べた。

## 第3章 試作バイオテレメトリシステムの構成と回路設計

本章では体内に埋込まれた圧力センサ，イオンセンサ（ISFET），電極などからの生体情報を体内で観測するための動物実験用体内埋込みバイオテレメトリシステムの構成と各部分の回路設計について述べる。

全体システムは体内システムと体外システムからなっている。この内，体内システムの電力消費を最小にすることが最も重要であるので，デジタル回路部は動作時以外は電力消費がないCMOS回路で実現し，センサや送信回路などのアナログ回路部は使わない時それらの電源をオフするようにした。この機能を体外からの指令で行うために，①コマンドレシーバを用意したがこのレシーバは常時動作する必要があるので間欠的（周期的に短い時間の間）に電源回路をオンするパルスパワー方式を採用し，電力消費を低減するように設計した。

また体内の特定のセンサをオンデマンド方式で選択するためにミッシングパルスコードを用い，この信号を解読する②ミッシングパルスデコーダや信号の内容を記憶させる③ファンクショナルメモリをデジタル回路で，またその機能を実行する④コンディナシヨナをデジタル・アナログ混在回路でそれぞれ設計した。

1個のディスクリットトランジスタで構成された送信回路は，パルス幅変調（PWM）された生体情報を周波数変調（FM）方式を用い約80MHzのFSKとして体外に送るようにした。いっぽう，体外から体内に送るコマンド信号やコントロール信号の送信にはそれぞれ約4.6MHzと7.2MHzのバースト信号を用いるように設計した。

## 第4章 体内回路のカスタムLSI化

第3章で設計した体内システムのほとんど（送信回路の以外全部）の回路をLSIチップ上に試作するために，4つの部分に分けてレイアウト設計を行った。このレイアウトには設計の簡便さ，設計時間の短縮化を重視し，標準セル（セルの高さがすべて同一である）方式を用いた。これらの回路をPウェルシリコンゲートCMOSプロセス技術により4×5mm<sup>2</sup>のチップ上に試作した。

プロセスの特長はポリシリコンのパターニングを2回（p-ートランジスタゲートとn-ートランジスタゲート）に分けて行うことによりp-ートランジスタとn-ートランジスタのソース／ドレインを熱拡散技術で形成でき，このため小電流のイオン注入装置でシリコンゲートCMOS LSIができたことである。このチップを用いると体内システムが3.5×5cm<sup>2</sup>の大きさに実装できる。

## 第5章 測定結果および考察

試作したLSI内のテストデバイスから静特性と各種デバイスパラメータを計測し、プロセスの条件とデバイス特性を検討，評価した。さらにこのデバイスパラメータ値を用いてCMOSの基本素子についてシミュレーションを行い，回路パラメータを求めた。

試作したチップを用いてプリント基板上に体内システムを構成し，さらに全体のシステムを構成して各回路およびシステム全体が設計通り正しく動作することを確認した。この時体内システムは生体内に埋込まない状態でテストした。

試作した体内回路の消費電力は約10.12mWであり，実際の体内埋込みの場合の寿命はシステムが連続動作する場合約375時間と予想される。

## 第6章 結 論

本章では，第2章から第5章までの主要な内容および結果を要約して述べた。

## 審 査 結 果 の 要 旨

体内埋込み用のバイオテレメトリシステムは医学・生理学研究や人工臓器の制御などに不可欠なものであり、生体を拘束することなく、かつ安全に長期間の体内情報を得ることができる特徴がある。しかしそのシステムとしては、小形であること、低消費電力で耐久性があること、および高度な機能を有することなど、多くの条件が要求される。これらの条件を満たすためには体内回路をカスタム集積回路として実現することが有効である。本論文は、体内埋込み形バイオテレメトリシステムをCMOSLSIとして実現するための研究を行った結果を纏めたもので、全編6章よりなる。

第1章は総論である。第2章では、従来のバイオテレメトリの諸技術について述べている。本研究の目標は、体内の物理的・化学的な多元情報を長期にわたり計測することであるので、これに適した体内回路の伝送、変調方式、電力供給方式、実装方式、などについて検討している。

第3章では、試作バイオテレメトリシステムの構成とその回路設計について述べている。特に体内回路の消費電力を軽減するため、計測時のみ電源を接続する回路とし、そのために必要な pulse powered command receiver 回路を考案している。また体内の複数のセンサのうちの一つを選択する操作を、体外からの指令信号で行うようにシステムを設計している。

第4章では、前章で述べたバイオテレメトリシステムのうち体内回路のカスタムLSI化を行った結果について述べている。すなわちCADによるレイアウト設計、マスク製作とウエハのプロセス、ついでチップの実装法、最後に体内システムのブレッドボード化について述べている。

第5章では、試作したCMOSLSIによる体内回路について、各ブロックごとにその動作を確認するとともに、別途試作した体外回路と組合せ目的とするバイオテレメトリシステムを実現し、その動作試験をした結果について述べている。すなわち全システムが略設計どおりに動作すること、特に体内回路の全消費電力は電源電圧5Vで約10mWと設計値に近い値を示すことを確かめている。これは本システムが長期間体内埋込み可能であることを示すもので、優れた成果と評価される。

第6章は結論である。

以上要するに本論文は、体内埋込み可能な小形、低消費電力、多機能なバイオテレメトリシステムの体内回路のCMOSLSI化に成功するとともに、テレメータ方式に有用な知見を加えたもので、電子回路工学ならびに医用電子工学に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。